



# Rapport d'essais

YEMA SPACEGRAF

# Table des matières

- Introduction ..... 2
- Une longue tradition de vols spatiaux avec le Cnes..... 3
- Yema Spacegraf..... 6
- Liste des essais ..... 6
- Essai en vol parabolique..... 7
- Essai de vibration..... 10
- Essai au vide ..... 14
- Conclusion..... 20

## Introduction

Les montres Yema ont accompagné les astronautes français depuis leurs premiers pas dans l'espace.

Dans le cadre d'un nouveau partenariat entre le Cnes et Yema, une nouvelle collection a vu le jour. La Spacegraf renoue avec l'exploration spatiale, 23 ans après le dernier vol de la Yema Altaïr.

Le 24 juin 1982, pour la première fois, un spationaute/astronaute français, Jean-Loup Chrétien, s'envolait de la base de Baïkonour pour un voyage de 10 jours dans l'espace. Ce premier voyage d'un français dans l'espace inscrit profondément l'histoire de l'horlogerie française dans la conquête spatiale, dans la mesure où Jean-Louis Chrétien portait à son poignet la première montre française utilisée dans l'espace, la Yema du modèle Spationaute I, élaborée à partir d'un cahier des charges établi par le CNES. Par la suite, dans les années 80 et 90 Yema fabriquera toute une gamme de montres chronomètres liées à l'exploration spatiale telles que les modèles Spationaute II, portée par Patrick Baudry lors du premier vol orbital franco-américain, ainsi que les modèles Spationautes III, Antarès puis Altaïr, qui équiperont les astronautes français.



### L'ESPACE

La première montre française à voler dans l'espace :

Juin 1982, départ de Saliout 7. A bord le spationaute J.-L. Chrétien, à son poignet la montre Spationaute I de Yema.

Juin 1985, départ de Discovery. A bord le spationaute Patrick Baudry, à son poignet la montre Spationaute II Yema.

Novembre 1988, départ de Aragatz. A bord la montre Spationaute III Yema.

The first french watch to fly in outer space : June, 1982, launch of Salyut 7. On board, the astronaut J.-L. Chrétien. On his wrist, the Yema Spationaute I watch.

June, 1985, launch of Discovery. On board, the astronaut Patrick Baudry. On his wrist, the Yema Spationaute II watch.

November, 1988 launch of Aragatz. On board, the Yema Spationaute III watch.

Ces montres sont conçues pour résister aux contraintes imposées par les engins spatiaux selon un cahier des charges établi par le Centre National d'Études Spatiales. Une recherche permanente d'absolu, une expérience exceptionnelle en matière de technologie horlogère d'avant-garde, car dans l'espace, il n'y a pas d'horloger. La fiabilité de chacun des composants et leur assemblage final doivent répondre à des normes de qualité particulièrement rigoureuses pour mériter l'appellation Spationaute III Yema. Cette maîtrise née de notre expérience spatiale vous la retrouverez dans tous les modèles exposés dans ce catalogue.

Watches designed to stand up under the constraints imposed by space capsules, in compliance with a list of specifications set up by the French National Centre for Space Studies, the famous "Centre National d'Études Spatiales" or "C.N.E.S.". A continual search for the absolute, an exceptional experience in the very latest watchmaking technological developments. There are no makers in outer space, so the reliability of each of the components and their final assembly must meet particularly rigorous standards for quality in order to merit the name: Spationaute III Yema. This mastery, stemming from our space experience is something you will find in all models shown in this catalogue.



Figure 1 : présentation de la première montre Spationaute et du partenariat CNES-YEMA.

## Une longue tradition de vols spatiaux avec le Cnes.

Le 24 juin 1982, pour la première fois, un spationaute français, Jean-Loup Chrétien, s'élance de la base de Baïkonour pour un voyage de 10 jours dans l'espace. Au bras, il porte la première montre française développée pour l'espace, la Yema Spationaute 1.

Elaborée à partir d'un cahier des charges établi par le CNES, c'est une montre à quartz, affichage mixte numérique et analogique.

On trouve 3 déclinaisons de la Spationaute I :

- Boîtier numéroté coté cadran, en bas à gauche de la lunette. Typographie bleue sous le cadran numérique.
- Typographie bleue sous le cadran numérique. Boîtier sans numérotation.
- Typographie bleue sous le cadran numérique et en bas du cadran l'inscription : « JAPAN Y652-70IL R ». Boîtier sans numérotation.

On retrouve aussi 2 fonds différents, un classique et une série spéciale 1000 exemplaires.

### CARACTERISTIQUES PRINCIPALES

Boîtier Acier inox diam 39mm.

Double affichage numérique et analogique.

Mouvement quartz Hattori-Seiko

Verre minéral.

Lunette tournante bidirectionnelle non indexée.

Couronne non vissée.

Etanche à 100 mètres.

Affichage numérique : Mois / date / jour

Heures / minutes / secondes

Alarme

Chronographe



MODELE SPATIONAUTE I

Figure 2 : Yema Spationaute I

**Juin 1982** : Départ de Saliout 7, premier vol orbital d'un spationaute français : Jean-Loup CHRETIEN. A son poignet la montre SPATIONAUTE I de YEMA.  
YEMA devient le fournisseur officiel du CNES.

#### ★ MODELE SPATIONAUTE I

- Première montre française à voler dans l'espace en juin 1982.
- Mouvement quartz, double affichage.
- Boîte, lunette acier inoxydable.
- Musée de l'horlogerie Besançon.

**Le 17 juin 1985, la navette Discovery décolle avec à son bord Patrick Baudry et la Yema Spationaute II. Mission STS-51G.**

La Spationaute II conserve le même mouvement que la première version, le même type de boîtier, la couronne non vissée. La lunette est devenue unidirectionnelle avec 60 crans. Sur le fond de case est portée la mention : *1985 premier vol orbital franco-Américain Yema spationaute II E5 OM8 6*



YEMA spationaute II  
1985  
1er Vol Orbital  
FRANCO AMERICAIN

Figure 3 : Yema Spationaute II

**Du 26 novembre au 21 décembre, Jean Loup Chrétien rejoint de nouveau la station orbitale Mir. C'est la Mission Aragatz qui donne son nom à la Spationaute III.**

Pour la spationaute III, tout change ou presque.

C'est toujours un chronomètre quartz animé par un mouvement quartz 4 moteurs Seiko, sous une montre à aiguilles à 3 compteurs (3, 6 et 9 heures).

A 6 heures se trouve la trotteuse, l'aiguille du chronomètre est centrale, à 3 heures se trouve le « 20<sup>e</sup> » de secondes, à 9 heures le compteur de minutes sur 30 minutes.

Un double guichet des dates est situé à trois heures.

Le boîtier est toujours acier inox de diamètre 43 mm.

La lunette est tournante unidirectionnelle et retrouve des index.

La couronne est vissée et est située à 8h.

3 poussoirs répartis à 2, 4, 10 heures.

Verre minéral bombé.

Fond avec inscriptions commémoratives.



Figure 4 : Spationaute III

## Le 27 juillet 1992, c'est à Michel Tognini de rejoindre la Station Orbitale Mir

Il part à bord de Soyuz TM-15 et porte une un Yema Antarès, du nom de la mission.

C'est un chronomètre classique à 3 poussoirs, mouvement quartz.

A 9h : compteur des secondes continues.

A 12h : compteur de cumul des minutes chrono sur 30 min.

A 6h : compteur double fuseau horaire ou alarme sur 12h.

Date à 3h.

Lunette tournante.

Antarès inscrit sur un bracelet « indéchirable »



MODELE ANTARES

**Juillet 1992** : Départ de la station MIR, pour le 3<sup>ème</sup> vol habité dans le cadre de la coopération franco-soviétique. Le spationaute Michel TOGNINI du CNES est équipé de la montre de la mission ANTARES conçue par YEMA. A cette occasion, YEMA crée une ligne ville et sport baptisée BAIKONOUR.

### ★ MODELE ANTARES / ΠΡΟΕΚΤ ΑΗΤΑΡΕΣ :

- Chronographe quartz analogique.
- Boîte, lunette acier inoxydable.
- Lunette tournante à cliquet.
- Fonctions : Heure, minute, plus trotteuse centrale chronographe.
- 3 compteurs :
  - compteur de seconde continue à 9 heures.
  - compteur cumul minute chronographe (30 mn).
  - compteur double fuseaux horaire ou alarme sur 12 heures.
- Bague tachymètre
- Bracelet de montre en toile non tissée qui rend le bracelet indéchirable.
- Etanche 100 m.
- Editée en série limitée à 500 exemplaires.

## Le 1er Juillet 1993, Soyuz TM-17 emmène Jean-Pierre Haigneré vers la Station Orbitale Mir.

C'est la mission Altair qui donne naissance à la Yema Altair.

Le chronomètre est le même que l'Antares seule la décoration change. L'Altair est la montre de service de la mission. Ce sera la dernière Spationaute...



Figure 5 : Altair

## Yema Spacegraf

A l'occasion du premier vol du dixième astronaute français, le CNES et YEMA ont souhaité coopérer autour d'une nouvelle montre (Yema Spacegraf), laquelle, à la différence des précédentes, n'est pas destinée à équiper un astronaute en vol.

Les caractéristiques sont les suivantes : Boîte acier 316L, diamètre 40mm, étanchéité 300 mètres, verre minéral, bracelet velcro.

Elle reprend certaines caractéristiques définies conjointement entre le CNES et YEMA afin de lui donner un design « spatial » en l'honneur du Xème astronaute français.

On notera ainsi :

- Sur la couronne avec les fuseaux horaires, des noms de bases spatiales remplacent les noms de villes habituellement utilisés et sont identifiables par une couleur spécifique
- Le chiffre 10 pour les heures est remplacé par un X pour faire référence au Xème français dans l'espace
- Un drapeau tricolore rappelant celui du patch de la mission est visible sur le cadran.
- Au dos de la montre, on trouvera le logo CNES, tel qu'il avait été transmis lors de la phase d'étude du projet (écriture « centre national d'études spatiales » sur une ligne) et X<sup>ème</sup> français dans l'espace.
- La montre sera présentée dans un écrin contenant les signatures des membres de l'équipe sol du CADMOS



## Liste des essais

Le Cadmos dispose de moyens d'essais mis en œuvre pour préparer les expériences destinées à l'espace, en plaçant celles-ci dans des situations proches de l'environnement spatial.

Parmi cette gamme de moyens de test, La montre Yema Spacegraf a été testée en vol parabolique, sur un banc de vibration et dans une enceinte à vide spatial.

## Essai en vol parabolique



Figure 6 : A310 ZERO-G. © CNES/S. Rouquette

Le CNES organise des campagnes de vols paraboliques en micropesanteur à bord l'A310 ZERO-G de Novespace. Ce moyen d'essai, véritable laboratoire volant, est mis à disposition des équipes de recherche française dont les expérimentations sont soutenues par l'agence spatiale française. Depuis plus de 30 ans, ce spationef, propriété de la société Novespace, filiale du CNES, a effectué près de 130 campagnes scientifiques, dont une cinquantaine pour le compte du Cnes.

Dans le cadre des tests de fonctionnement réalisés par le Cnes, la Spacegraf a été placée en impesanteur pour une durée cumulée de 10 min.

Pour cela, elle a été embarquée dans l'A310 ZERO-G où elle a réalisé 30 paraboles de 22s, au même titre que les expériences sélectionnées pour cette campagne de vols paraboliques scientifiques. La montre s'est parfaitement bien comportée dans ces phases de vol aux portes de l'espace.

Le vol s'est déroulé le 06 avril 2017, dans le cadre de la 128<sup>e</sup> campagne de vols paraboliques de Novespace.

La manœuvre de pilotage se divise en 3 phases distinctes de 20s environ chacune. La première est une phase cabrée d'hyperpesanteur où l'on atteint 1.8 fois la pesanteur terrestre (1.8G). Vient ensuite la phase parabolique à 0G. puis la sortie se fait par une ressource à 1.8G.

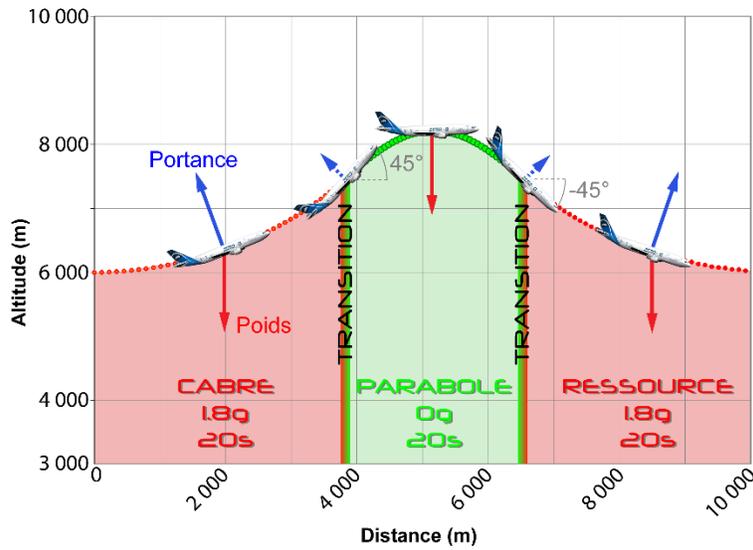


Figure 7 : Représentation de la manœuvre parabolique. © CNES/S. Rouquette

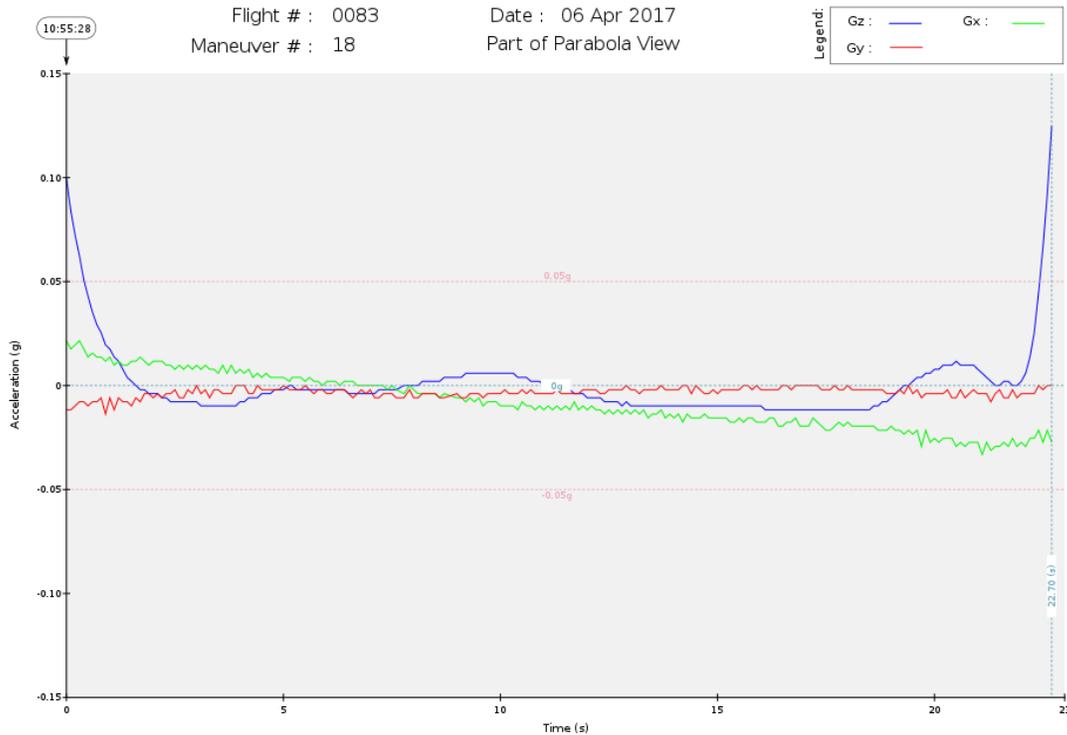


Figure 8 : Le tracé indique le niveau de pesanteur résiduelle dans la cabine exprimé en centième de G selon les 3 axes de l'avion (axe X longitudinal en vert, Y roulis en rouge, Z vertical en bleu).

© Novespace

Un calage de l'heure a été réalisé avant le vol, au sol, avec une montre identique. Au retour du vol, les deux montres étaient toujours parfaitement synchronisées, montrant que la succession des différentes phases de vol, alternant entre hyperpesanteur et micropesanteur ne perturbe en rien la stabilité temporelle du mécanisme.

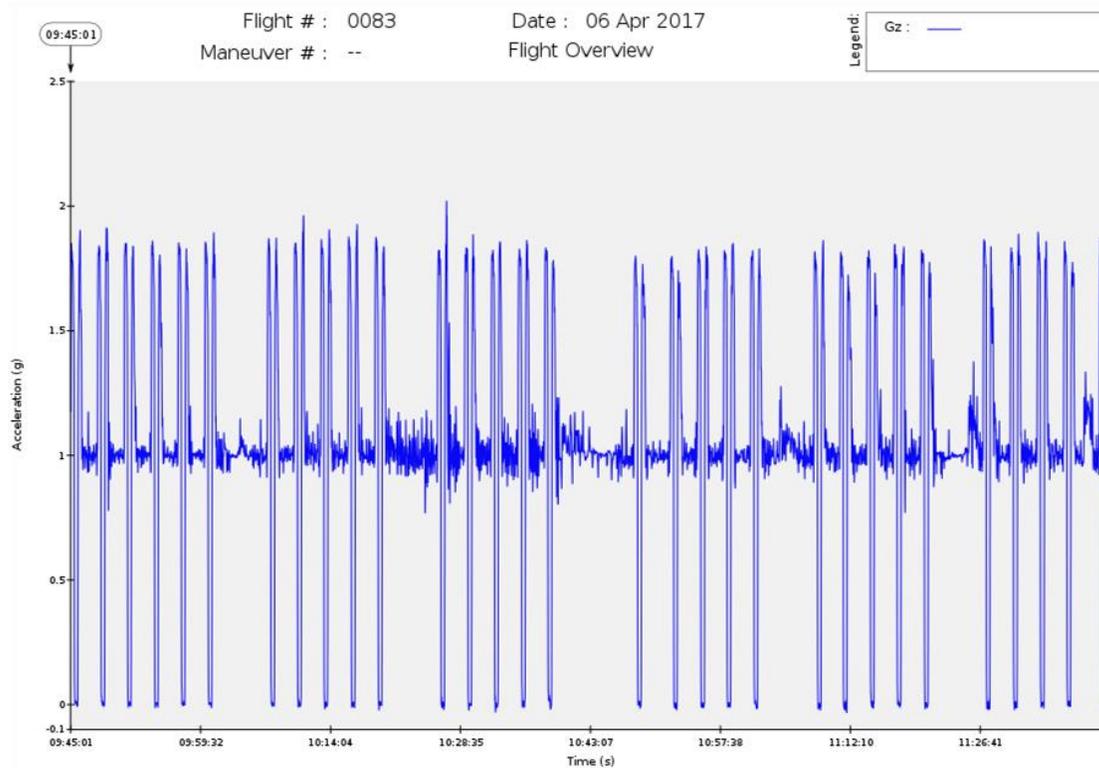


Figure 9 : Mesure de la pesanteur selon l'axe vertical avion sur la durée du vol.  
Le niveau de pesanteur varie entre 0G et 1.8G. © Novespace

## Essai de vibration

Les essais en vibration sont un passage obligé pour les équipements destinés à l'espace. Ils doivent démontrer leur intégrité au cours des phases de lancement, qui peuvent être très stressantes. Deux tests complémentaires sont effectués. Le test de qualification est réalisé sur les prototypes afin de valider le design et la construction. Ce test impose des conditions plus sévères qu'un lancement véritable, afin de prendre des marges pour des raisons de sécurité.

Le deuxième test est réalisé sur les équipement de vol. Sa durée est d'une minute et il balaie le spectre des vibrations standards rencontrées lors d'un lancement, avec n'importe quel type de lanceur (tests appelés « *Random vibration for Flight model FM* »). C'est ce test auquel la Spacegraf a été soumise, en même temps que MATISS-2, expérience développée par le Cadmos dans le cadre des activités « exploration et support vie à bord ». Le rapport complet est disponible sur demande (réf MID-CNS-HoE-PVE-027).

Pour les besoins de ce test, la Spacegraf a été placée sur un pot vibrant permettant de recréer les conditions de vibration d'un lancement spatial. Ces tests consistent en un éventail de niveaux et de fréquence de vibration, comme indiqué dans le tableau ci-dessous.

<b>FREQUENCY</b>	<b>LEVEL</b>
20 Hz	0.057 g <sup>2</sup> /Hz
50 Hz	0.057 g <sup>2</sup> /Hz
100 Hz	0.057 g <sup>2</sup> /Hz
120 Hz	0.061 g <sup>2</sup> /Hz
200 Hz	0.071 g <sup>2</sup> /Hz
500 Hz	0.071 g <sup>2</sup> /Hz
1000 Hz	0.035 g <sup>2</sup> /Hz
2000 Hz	0.018 g <sup>2</sup> /Hz
Composite	9.02 g root mean square (rms)

Figure 10 : Fréquence et niveau des vibrations « modèle de vol ».

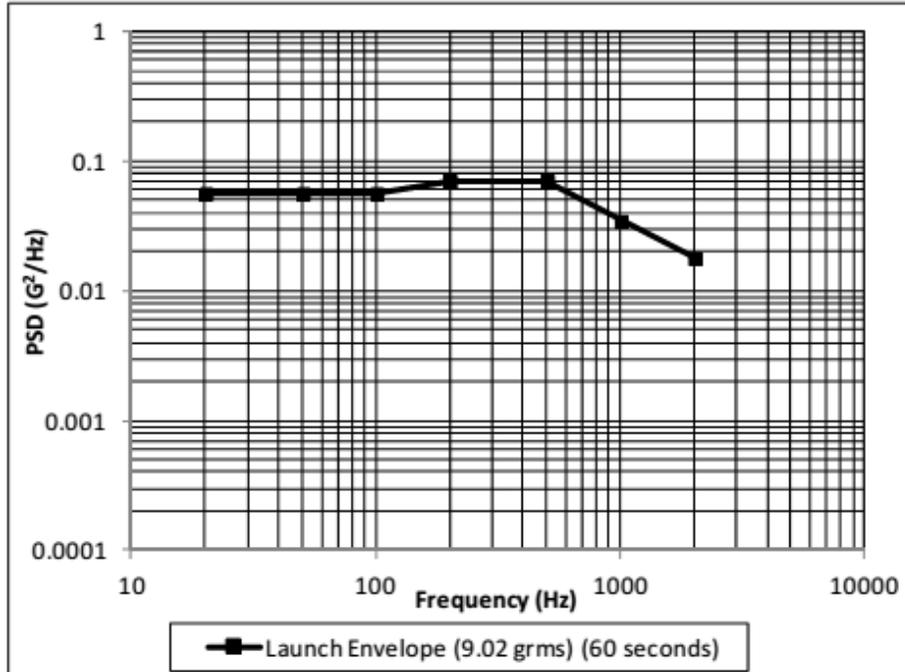


Figure 11 : Représentation des vibrations au cours d'un décollage.

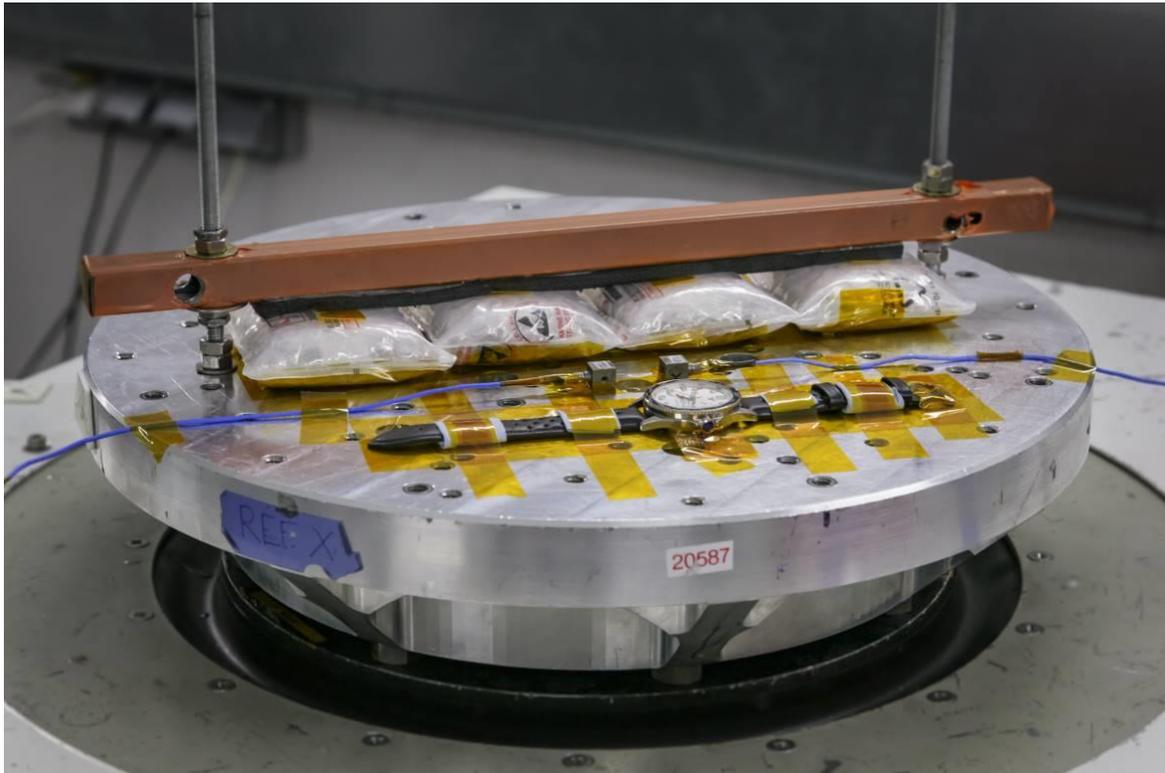
La montre a été préparée à l'instar du matériel spatial. Elle a été placée dans une enveloppe en papier-bulle de même que les petits équipements envoyés dans l'ISS avec lesquels elle a partagé ce test de vibration.



Figure 12 : Préparation de la Spacegraf en salle propre. © CNES/S. Rouquette



La Spacegraf a été fixée sur la plaque du pot vibrant avec le reste des équipements. En raison de ses dimensions modestes, elle est simplement plaquée sur le pot à l'aide de mousse et d'adhésif spatial.



*Figure 13 : Mise en place du test de vibrations. La montre est fixée au moyen d'adhésif spatial sur le pot vibrant. Les capteurs d'accélération sont contenus dans les cubes métalliques reliés à la table d'enregistrement par les câbles bleus. © CNES/S. Rouquette*

La montre a subi le test de vibration sans encombre et sans aucune atteinte à son intégrité. Comme pour le test en vol parabolique, un calage de l'heure a été réalisé avant le test, au sol, avec une montre identique. Après le test, les deux montres étaient toujours parfaitement synchronisées, montrant que la succession des différentes phases de vibration ne perturbe en rien la stabilité temporelle du mécanisme.

## Essai au vide

Comme pour les essais en vibration, le test au vide est un passage obligé pour les instruments destinés à l'espace. Dans le cas des vols habités, nous réalisons ce test sur tous les équipements développés par le Cadmos, en particulier les piles et batteries, pour des raisons de sécurité liées à l'utilisation de la Station Spatiale Internationale.

Ce test répond à des normes très précises là encore, et les spécifications de réalisation sont données par des documents de référence édités par la NASA. Le rapport complet de test est disponible sur demande (réf. CAD-RP-CP100-5256-CNS-01).

Dans ce test, la pression dans l'enceinte à vide est diminuée jusqu'à environ 6mBar, soit environ la pression moyenne à la surface de la planète Mars. Cette pression est maintenue durant une heure, après quoi le niveau de pression normale est rétabli en une minute environ.

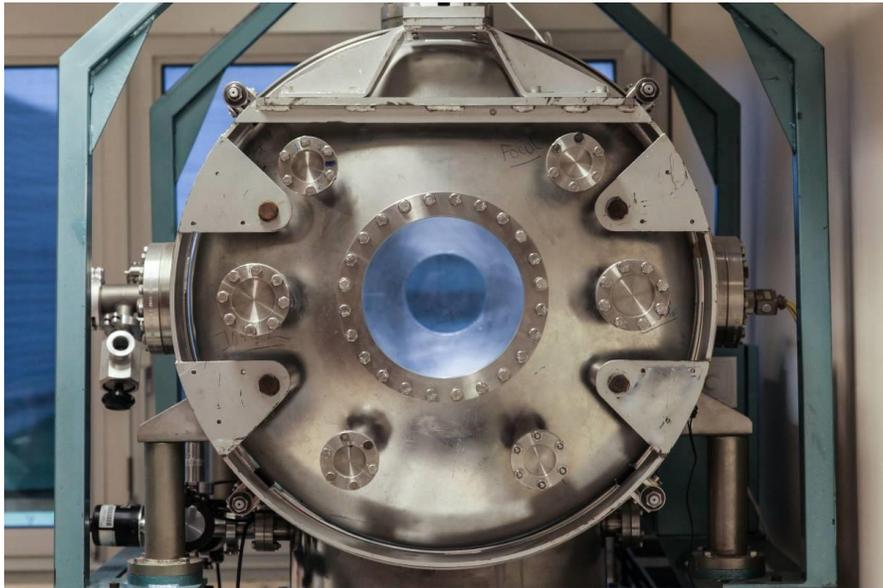


Figure 14 : Enceinte à vide du Cadmos. © CNES/S. Rouquette



*Figure 15 : Spacegraf avant le démarrage du test. © CNES/S. Rouquette*

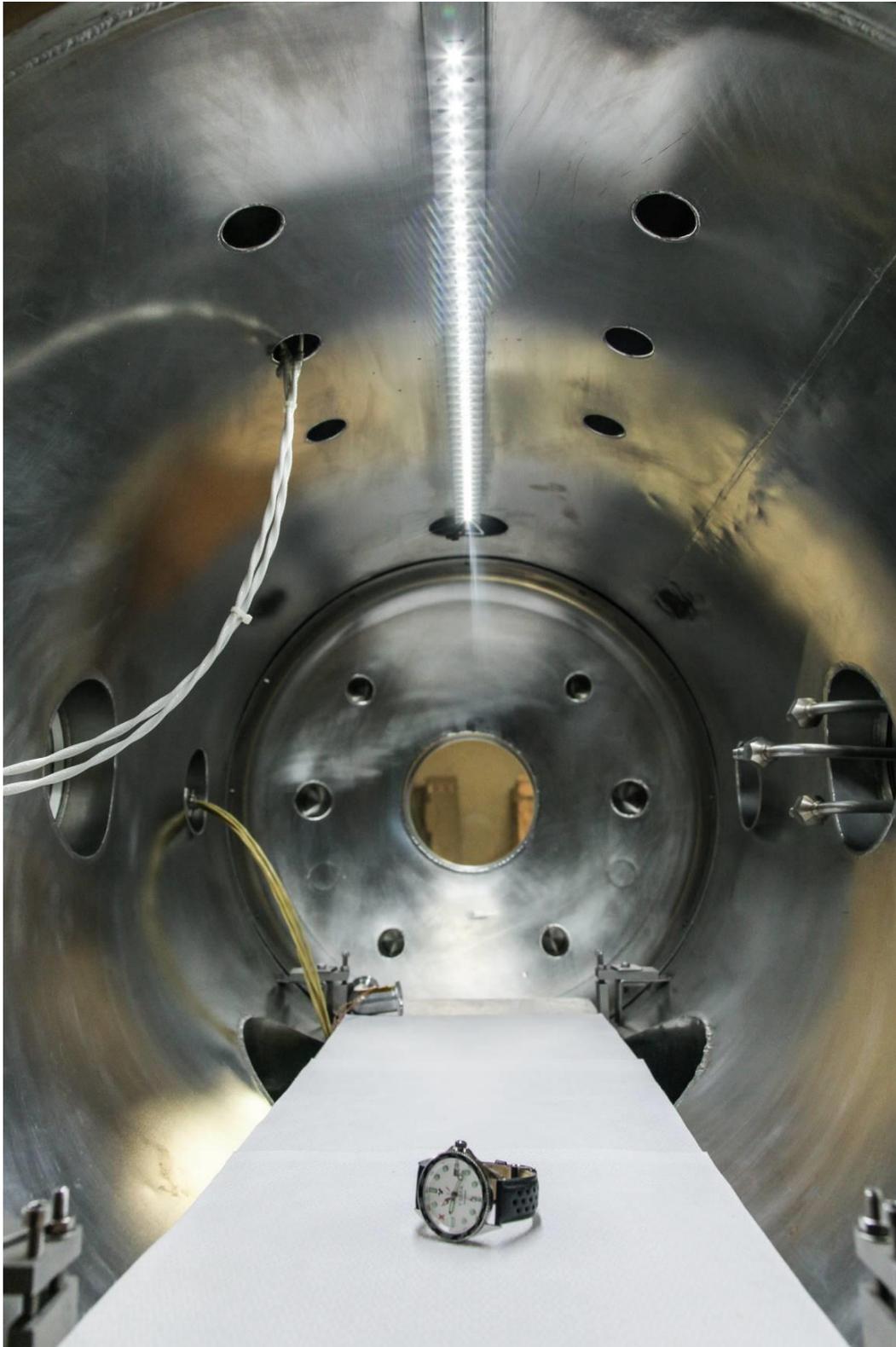


Figure 16 : A l'intérieur de l'enceinte à vide. © CNES/S. Rouquette

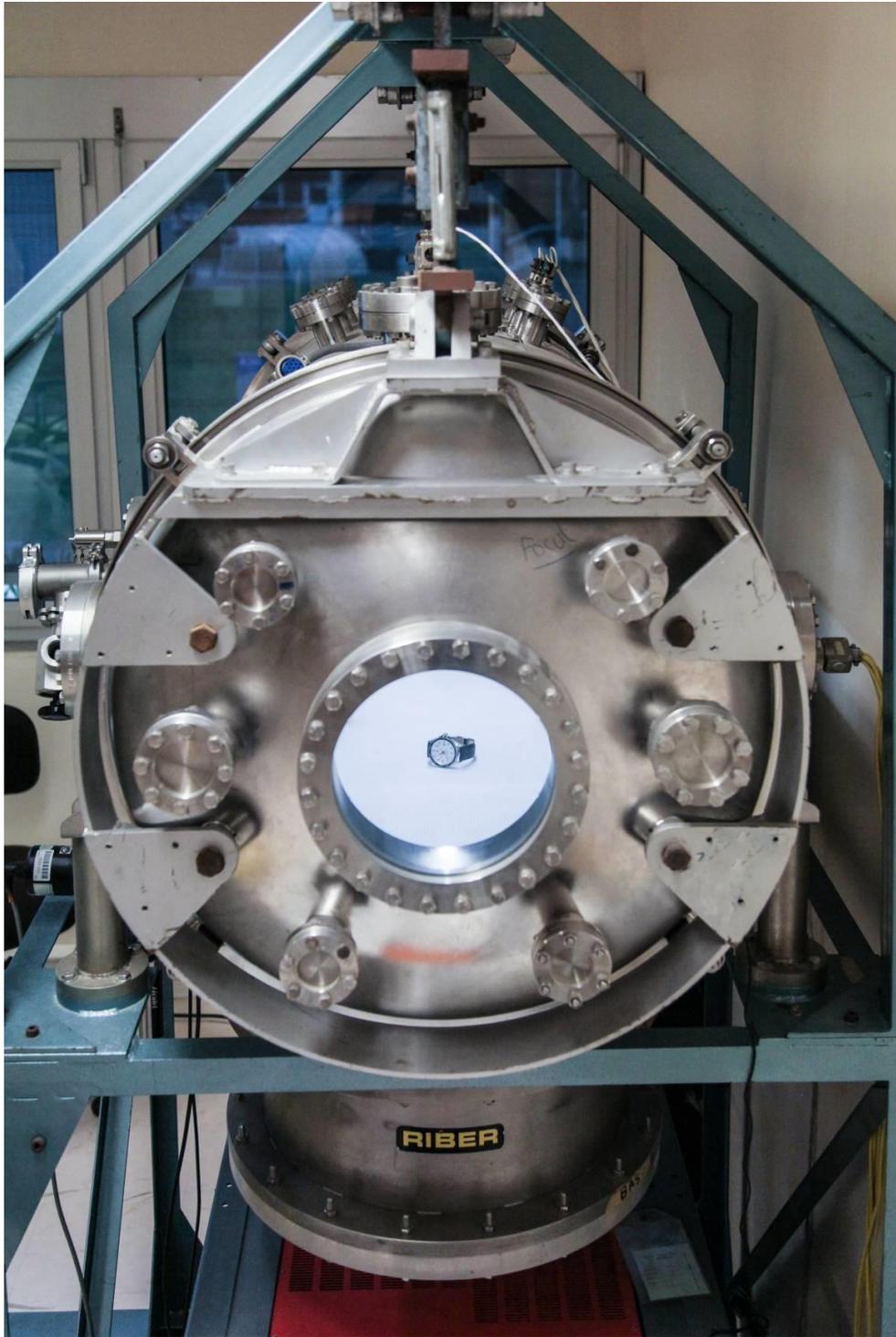


Figure 17 : Durant le passage au vide. © CNES/S. Rouquette



Figure 18 : Spacegraf après le passage au vide. © CNES/S. Rouquette

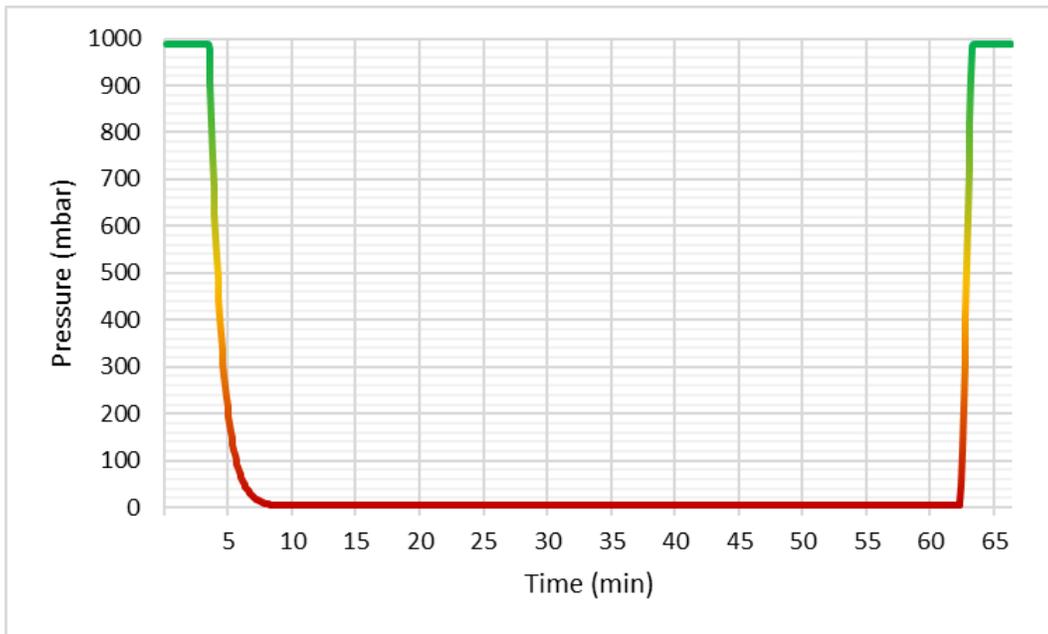


Figure 19 : Courbe de variation de la pression en fonction du temps, durant le test de passage au vide.

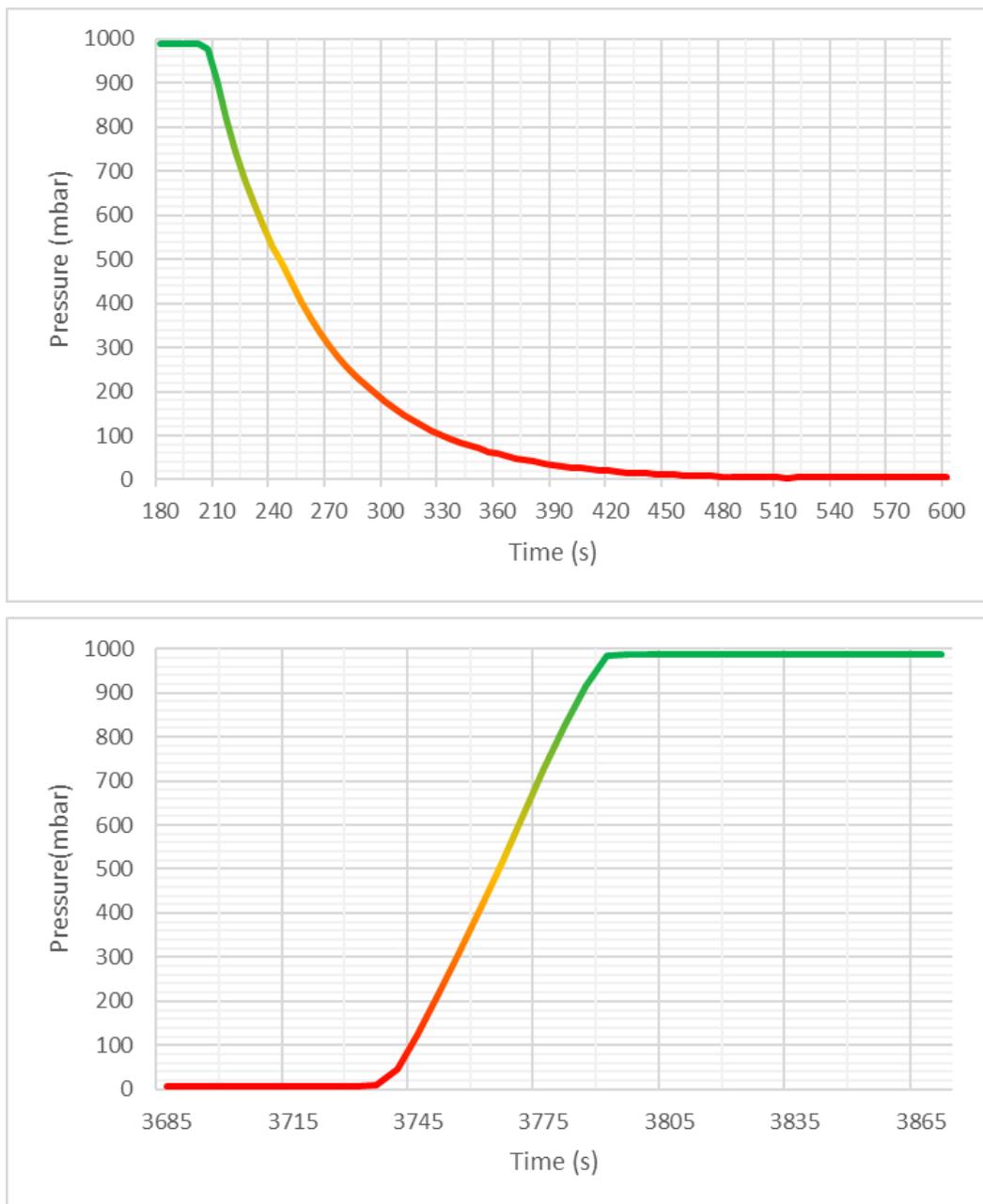


Figure 20 : courbe de variation de la pression en début et fin de test.

Le passage au vide et l'exposition à une pression « martienne » pendant une durée d'une heure n'a pas altéré le fonctionnement ou l'intégrité de la montre. En particulier, la montre n'a subi aucun dommage pendant les phases de variation brutale de la pression, en début et en fin de test.

Pour mémoire, la pression atmosphérique terrestre au niveau de la mer est de 1013mBar en moyenne. L'altitude correspondant à une pression de 300mBar est d'environ 9000m sur Terre. La pression de 6mBar correspond à une altitude d'environ 20km sur Terre.

## Conclusion

Yema possède une longue expérience de développement de montres qui ont équipé les premiers spationautes français. Dans le cadre d'un nouveau partenariat entre le Cnes et Yema, une nouvelle collection a vu le jour. La Spacegraf renoue avec l'exploration spatiale, 23 ans après le dernier vol de la Yema Altaïr.

Si la Spacegraf n'a pas été développée pour l'espace et n'est donc pas destinée à équiper un astronaute en vol, elle a été créée en hommage au premier vol du dixième astronaute français. Dans cette perspective, il a été convenu de réaliser des tests identiques à la plupart des équipements destinés à l'espace, en particulier dans le cadre de leur utilisation dans la Station Spatiale Internationale, même si ces tests ne constituent pas en une qualification pour le vol spatial.

Le Cadmos dispose de moyens d'essais mis en œuvre pour préparer les expériences destinées à l'espace, en plaçant celles-ci dans des situations proches de l'environnement spatial. Parmi cette gamme de moyens de test, la montre Yema Spacegraf a été testée en vol parabolique, sur un banc de vibration et dans une enceinte à vide spatial.

En particulier :

- Le vol parabolique s'est parfaitement déroulé le 06 avril 2017, dans le cadre de la 128<sup>e</sup> campagne de vols paraboliques de Novespace.
- La montre a subi un test de vibration « FM » sans encombre et sans aucune atteinte à son intégrité, montrant une grande stabilité temporelle de son mécanisme.
- Le passage au vide et l'exposition à une pression « martienne » pendant une durée d'une heure n'a pas altéré le fonctionnement ou l'intégrité de la montre.

Sur l'ensemble des tests subis, la Spacegraf s'est donc parfaitement comportée, au vu de notre observation, dans les différentes phases de test aux portes de l'espace, montrant sa grande qualité de conception, son adaptation et sa résistance naturelles aux difficiles conditions de l'exploration spatiale.